

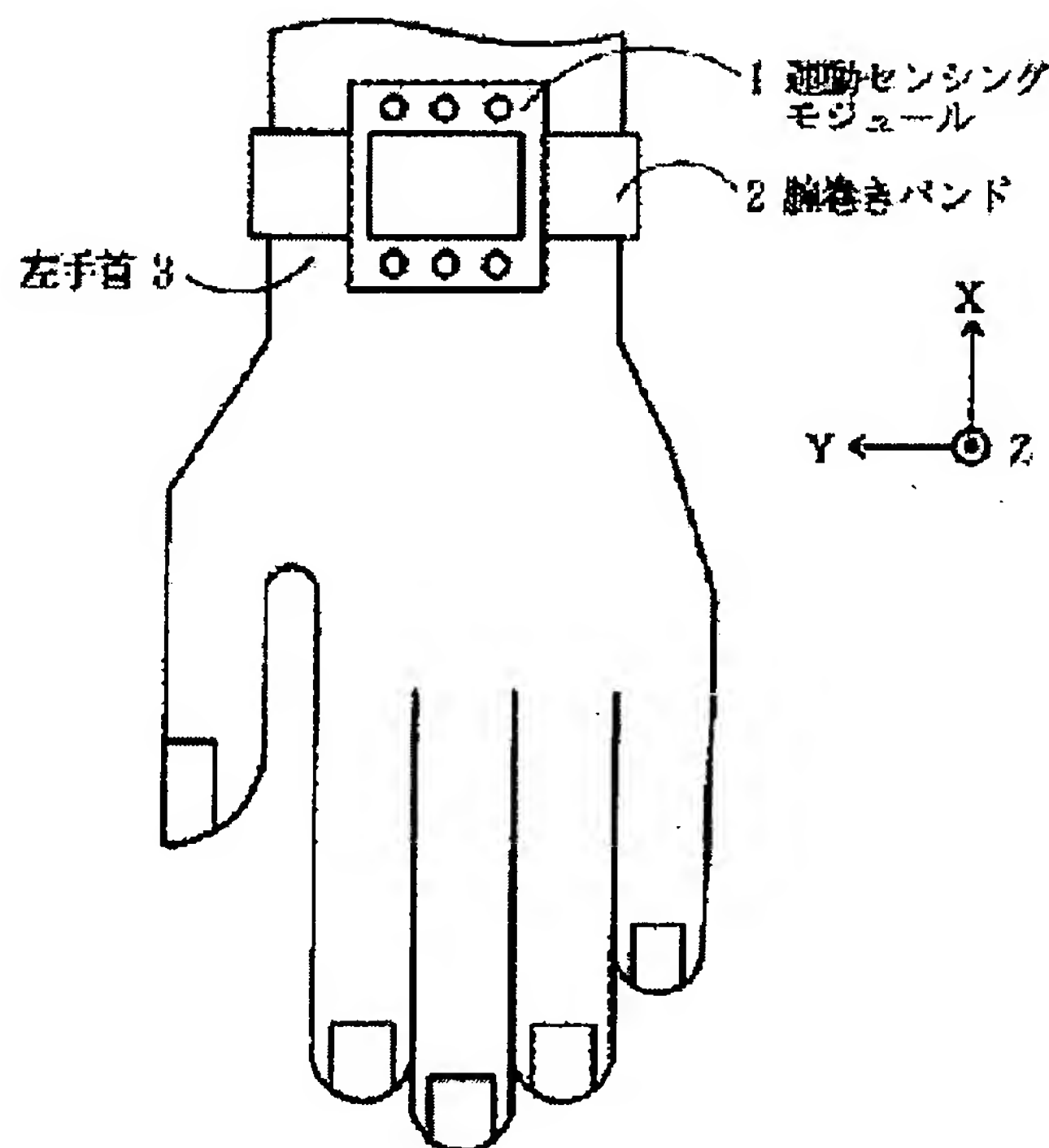
## METHOD FOR DISCRIMINATING MOVEMENT AND MOVEMENT SENSING MODULE

**Patent number:** JP2003093566  
**Publication date:** 2003-04-02  
**Inventor:** IZAWA YUJI; ICHIKAWA KAZUTOYO; SHIRATORI NORIHIKO  
**Applicant:** MICROSTONE CORP  
**Classification:**  
- **International:** A63B69/00; G01P15/09; G01P15/18; H01L41/08; A63B24/00  
- **European:**  
**Application number:** JP20010333496 20010926  
**Priority number(s):** JP20010333496 20010926

Report a data error here

### Abstract of JP2003093566

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for discriminating movements and gestures of a body by using only acceleration data detected by means of a triaxial acceleration sensor which an instrument mounted on the wrist possesses and to provide a movement sensing module miniaturized by this method and with less burden of mounting and with a low cost and a low consumption of electric power.  
**SOLUTION:** The method for discriminating the movement in which the acceleration data (low frequency components are eliminated) measured by means of the triaxial acceleration sensor mounted on the wrist part are integrated twice to obtain positional information and an average size and a direction of a positional vector within a specified time are calculated and kind of the movement performed is discriminated based on the calculated data and the movement sensing module in which the triaxial acceleration sensor and a discriminating circuit are built are provided.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-93566  
(P2003-93566A)

(43)公開日 平成15年4月2日(2003.4.2)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
A 6 3 B 69/00		A 6 3 B 69/00	C
G 0 1 P 15/09		G 0 1 P 15/09	
	15/18	A 6 3 B 24/00	
H 0 1 L 41/08		G 0 1 P 15/00	K
// A 6 3 B 24/00		H 0 1 L 41/08	Z
審査請求 未請求 請求項の数7 書面 (全 6 頁)			

(21)出願番号 特願2001-333496(P2001-333496)

(22)出願日 平成13年9月26日(2001.9.26)

(71)出願人 500020287

マイクロストーン株式会社

長野県北佐久郡御代田町大字草越1173番地  
1394

(72)発明者 井澤 裕司

長野県長野市若里4丁目17番1号

(72)発明者 市川 和豊

長野県北佐久郡御代田町大字草越1173番地  
1394 マイクロストーン株式会社内

(72)発明者 白鳥 典彦

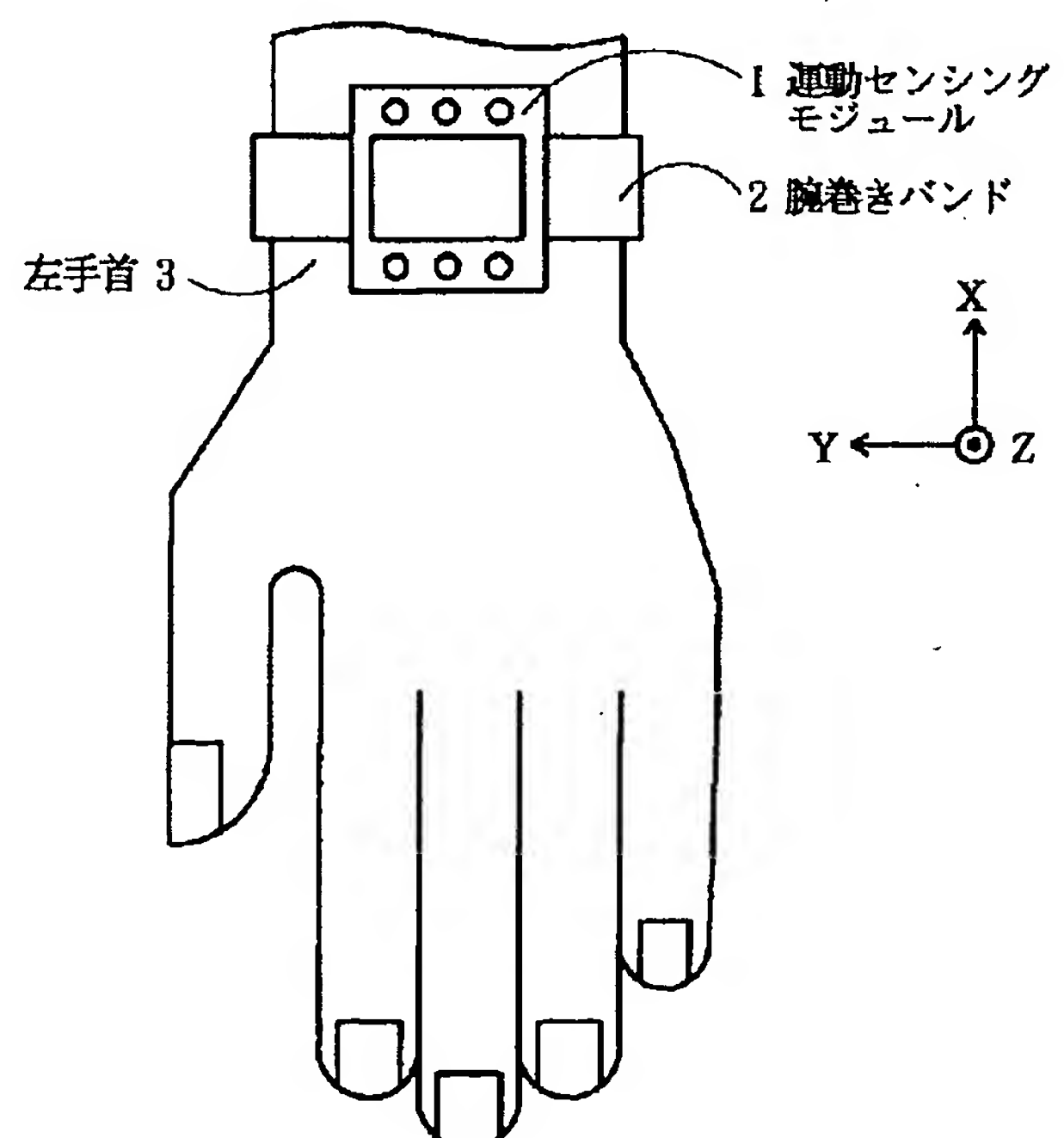
長野県北佐久郡御代田町大字草越1173番地  
1394 マイクロストーン株式会社内

(54)【発明の名称】 運動識別方法および運動センシングモジュール

(57)【要約】

【課題】 手首に装着される機器が有する3軸加速度センサが検出した加速度データのみを用いて身体の運動や身振りを識別することができる手法を提供すること。またこの手法によって小型化され、装着の負担が少なく、低コスト、低消費電力化が可能な運動センシングモジュールを提供すること。

【解決手段】 手首部分に装着された3軸の加速度センサによって計測された加速度データ(低周波成分を除去した)を2回積分して位置情報とし、所定の時間内における位置ベクトルの平均的な大きさおよび方向を算出し、算出されたデータに基づいて行われた運動の種類を識別する運動識別方法。また3軸加速度センサおよび識別回路を内蔵した運動センシングモジュール。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 身体の所定の部位に装着された3軸の加速度センサによって計測された加速度データを2回積分して位置情報とし、所定の時間内における位置ベクトルの平均的な大きさおよび方向を算出し、算出されたデータに基づいて行われた運動の種類を識別することを特徴とする運動識別方法。

【請求項2】 前記加速度データは所定の周波数以下の低周波成分をカットされていることを特徴とする請求項1の運動識別方法。

【請求項3】 前記身体の所定の部位は手首であることを特徴とする請求項1または2の運動識別方法。

【請求項4】 3軸の加速度センサと、該加速度センサによって計測された加速度データに所定の時間演算を加える演算装置とを内蔵し、身体の所定の部位に装着される携帯可能な機器であって、前記演算装置は、加速度データを2回積分して位置情報とし、前記所定の時間内における位置ベクトルの平均的な大きさおよび方向を算出し、算出されたデータに基づいて、行われた運動の種類を識別することを特徴とする運動センシングモジュール。

【請求項5】 前記加速度データは所定の周波数以下の低周波成分をカットされていることを特徴とする請求項4の運動センシングモジュール。

【請求項6】 前記身体の所定の部位は手首であることを特徴とする請求項4または5の運動センシングモジュール。

【請求項7】 前記3軸の加速度センサは、板の面より重心が離れた負荷質量を固着し、該負荷質量に作用する加速度による前記板の変形を圧電的に検出する構成を有することを特徴とする請求項4、5または6の運動センシングモジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、身体が行う運動の種類やその強度を自動的に識別する方法あるいは装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年健康や医療への関心がますます高まり、健康と身体の運動機能との関係が一層強く意識されている。そこで例えば、身体の運動量を使用者が負担に感じないような手軽な機器（運動センサを内蔵し身体の一部に取り付ける）で検出し、健康管理に役立てようという提案は数多い。また一方では言語を用いないコミュニケーションの一手段として、使用者の身振り動作を判断し、その結果を他者に通信等で知らせようとする提案もある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】身体の諸提案において、身体の数箇所運動センサを常時装着することは

なるべく避けたい。装着を1か所とした場合、身体の重心に近い腰の部分が選択されることもあるが、身体全体の運動と相関性の高い運動を考えると考えられるし身振り検出も可能で、腕時計が普及しているため違和感もない腕部がよく用いられる。しかし人体の特定の1か所である腕部の運動センス結果によって人体の行っている運動を識別しあるいは運動量を推定することは必ずしも容易ではなく、そのための簡便かつ最適な方法は、従来提案されていなかった。

【0004】また腕部の運動にしても、完全を期すには3軸方向の加速度と3軸方向の角速度の6つの運動要素を測定せねばならない。殊に角速度の計測は振動ジャイロスコープが必要であるが、ジャイロセンサは加速度センサと異なりセンサ用振動体を励振せねばならず、計測項目の増加もさることながら、センサ自体の構造も計測回路も複雑になるので、完全な計測を行おうとすると機器も大型且つ高価になり、消費電力も大きくなることは避けがたい。

【0005】本発明は、腕部分に装着される機器に3軸方向の加速度を計測できる加速度センサを内蔵させ、このセンサで検出された加速度データを用いて身体の運動や身振りを識別することができる方法を提供することであり、またそのことによって小型化されて装着の負担が少なく、低コスト化、低消費電力化が可能な運動センシングモジュールを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明の運動識別方法は次の特徴を備える。

(1) 身体の所定の部位に装着された3軸の加速度センサによって計測された加速度データを2回積分して位置情報とし、所定の時間内における位置ベクトルの平均的な大きさおよび方向を算出し、算出されたデータに基づいて行われた運動の種類を識別すること。

【0007】本発明の運動識別方法は更に以下の特徴のいずれかを備えることがある。

(2) 前記加速度データは所定の周波数以下の低周波成分をカットされていること。

(3) 前記身体の所定の部位は手首であること。

【0008】上記目的を達成するため本発明の運動センシングモジュールは次の特徴を備える。

(4) 3軸の加速度センサと、該加速度センサによって計測された加速度データに所定の時間演算を加える演算装置とを内蔵し、身体の所定の部位に装着される携帯可能な機器であって、前記演算装置は、加速度データを2回積分して位置情報とし、前記所定の時間内における位置ベクトルの平均的な大きさおよび方向を算出し、算出されたデータに基づいて、行われた運動の種類を識別すること。

【0009】本発明の運動センシングモジュールは更に以下の特徴のいずれかを備えることがある。



(5) 前記加速度データは所定の周波数以下の低周波成分をカットされていること。

(6) 前記身体の所定の部位は手首であること。

【0010】(7) 前記3軸の加速度センサは、板の面より重心が離れた負荷質量を固着し、該負荷質量に作用する加速度による前記板の変形を圧電的に検出する構成を有すること。

【0011】

【発明の実施の形態】図1は本発明の方法および装置の実施の形態の一例および座標軸の方向を示す正面図である。運動センシングモジュール1は腕時計に近い大きさ、似た外観の装置で、3軸加速度センサ、加速度データの演算装置、必要なデータの記憶装置、演算結果の液晶表示装置、外部機器との無線通信装置（必要に応じて）、操作部材、電源等を内蔵し、腕時計と同様腕巻きバンド2によって、例えば左手首3の手の甲側に装着される。X、Y、Zは運動センシングモジュール1に固定された直交座標軸である。即ち図示したXはほぼ腕軸の方向、Yはほぼ掌の幅方向、Zは指を伸ばした手の甲にほぼ垂直な方向となる。

【0012】3軸加速度センサは既に採用可能な多数の提案があるので形態を特定する必要はないが、基本的には圧電性を有する材料を含んで作られ、作用する加速度により生じる慣性力によって撓みうる部分を有し、かつ慣性力の方向によって異なる撓みと異なる圧電作用を呈し、それを検出する電極を有するものが小型に構成でき消費電力も小さいので優れている。

【0013】図5は本発明に用いるのに好適な金属円板を用いた3軸加速度センサの具体的な1例を示し、

(a)は平面図、(b)はA-A断面図である。金属の本体部分は7mm×7mm×2mmの燐青銅のブロック材を加工して、中心軸22と直径6mm、厚さ0.2mmの金属円板21とを削り出し、周囲の削り残した枠状の部分を金属円板21と一体化したその支持体20とし、その下面はセンサの容器に固定される。中心軸22にはリング状の負荷質量23が圧入されている。故に負荷質量23の重心は金属円板21の面から下方に離れた位置に偏心している。また図中にXYZ座標軸の方向や負荷質量23の重心に作用する各軸方向の加速度 $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$ を記している。

【0014】圧電板24は7mm×7mm×0.12mmの薄板状で板厚方向に分極したPZT等の圧電性磁器材料より成り、上面側には8枚の軸対称に配置された扇状の電極膜（それぞれ等形のX電極膜25、26、Y電極膜27、28、およびそれらの約半分の面積を有するZ電極膜29、30、31、32）が形成され、下面は金属円板21の上面に接着されており、金属円板21は圧電板24の共通電極（参照用電極）を兼ねている。なおセンサ全体は通常気密容器に収用され、また各電極膜25～32や金属円板21はそれぞれ柔軟なリード線と

絶縁端子を介して加速度検出回路に接続されるが、容器や結線の構造、および回路は図示を省略した。

【0015】図5(c)、(d)は加速度による変形状態を示す略図である。図示方位は図5(b)の断面図と同じである。加速度 $G_x$ が作用すると、(c)のように負荷質量23の重心には逆方向に慣性力 $F_x$ が発生し、負荷質量23が力の方向に変位し、金属円板21（特にその中央部）は波形に変形する。金属円板21の上側に貼付した圧電板24（以下図示せず）においては、X電極膜25に覆われた部位の圧電材料は凸側なので伸び、X電極膜26に覆われた部位の圧電材料は凹型になるので縮み、各電極膜には逆極性で撓み量に比例する電圧（参照電極の電位に対して）が発生する。なお慣性力 $F_x$ によるY電極膜27、28に覆われた部位の変形は凹凸等量であるから電圧の発生はない。（図示しないが、加速度 $G_y$ も板面に平行な方向に作用するので、向きは垂直だが同様の現象を生じ、Y電極膜27、28に逆電圧が発生する。）

【0016】また加速度 $G_z$ が作用すると、図5(d)のように負荷質量23の重心には慣性力 $F_z$ が発生し、金属円板21を上を凹型に変形させる。この場合は圧電板24は全ての部位で等しく縮むことになるので、Z電極膜29～32には同極性かつ等量の電圧が発生する。以上のような作用があるから、X電極膜25、26およびY電極膜27、28の出力をそれぞれ2つの差動増幅器の入力部に接続し、Z電極膜29～32をまとめて増幅器の入力部に接続して、それらの出力の変化を計測することにより、加速度の各方向成分の大きさを知ることができる。このように、本例の加速度センサは小型で簡単な構造でありながら3軸の加速度計測が可能であり、腕時計型の機器に内蔵するのに適している。

【0017】本発明の実施の形態の一例において使用された加速度センサ（検出回路を含む）はマイクロストーン社製で、その特性は以下のようなものである。

検出範囲： $\pm 40 \text{ m/s}^2$ 、検出感度： $+50 \text{ mV/m/s}^2$ 、外形寸法：W20mm×D12.5mm×H5mm。

【0018】図2(a)はこのようにして得られた各軸方向の加速度 $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$ の波形（横軸は時間、縦軸は検出電圧である）の一例を示す波形図で、歩行運動における腕振りの場合である。加速度データは例えば50Hzでサンプリングされデジタルデータとして所定の時間（任意であるが例えば数秒ないし数分間とする・その期間内で運動の反復回数が多い方が識別精度が向上すると考えられる）記憶される。また図2(b)は各加速度データを2回積分して得られた刻々のセンサの位置情報を3次元座標上に再合成した、推定された軌跡の斜視図であり、手首が体側に沿って主にY方向に往復する状態が示されている。4は1回の計測の始点、5は終点である。（厳密に正確なものではなく概念的な図であ

る。)

【0019】なお、本発明では最終的に腕の反復動作によって運動の解析を行うので、積分する際に発生するオフセット成分は位置の積算誤差となる。そのため各加速度波形から低周波成分(例えば約1 Hz以下)を除かねばならない。加速度センサ自体にも電荷のリークがあるので直流成分や超低周波成分は自動的に除かれるが、目的周波数以下の周波数成分を確実にカットするため、センサ回路内に高域通過フィルタを挿入してある。

【0020】図3は位置ベクトルの大きさおよび方向を定義する斜視図である。Vは加速度を2回積分した結果により求められた、ある時点の位置ベクトルで、ベクトルの始点は積分期間内における位置の軌跡の重心(全位置ベクトルの平均の位置)であり、これを座標の原点とする。位置ベクトルVの先端はその瞬間におけるセンサ(運動センシングモジュール)の変位の大きさと変位の方位を表わす。〔故に図2(b)は位置ベクトルVの先端の軌跡となる。〕変位の方位は位置ベクトルVのX-Z面からの傾角 $\theta$ と位置ベクトルVのX-Z面への射影がZ軸となす角 $\phi$ をもって表わす。但し $\theta$ 、 $\phi$ は位置ベクトルVの向きにかかわらず、 $-90^\circ < \theta \leq +90^\circ$ 、 $-180^\circ < \phi \leq +180^\circ$ の範囲で定めることとする。

【0021】多数の加速度データを数値積分して所定期間内に多数の位置ベクトルを得て、これらから運動センシングモジュールの使用者の運動を識別する。まず多数の位置ベクトルの大きさの平均値は腕(手首)の反復的運動のいわば振幅に関係し、運動の強度を表わすと共に、その値の程度は運動の種類によっても異なるので運動の識別にも用い得る。また多数の位置ベクトルの平均的な方向(方位角 $\theta$ 、 $\phi$ )はかなりの程度運動の種類により固有なものと考えられる。(例えば肘を伸ばして、あるいは曲げて腕を振った場合を比較すれば、当然センサの運動方向が変化し、位置ベクトルの方向も異なってくる。)

【0022】図4は本発明の方法によって識別された各種の運動をヒストグラムとして示したもので、1種類の運動を行っている期間の位置ベクトルの平均的な大きさと平均的な方位角 $\theta$ および $\phi$ をグラフ化した。基準面には方位角の $\phi$ 軸、 $\theta$ 軸を直交させてとり、グラフの高さとして位置ベクトルの平均的な大きさをとった。被験者として40歳男性の健常者を選び、左手首に加速度センサを内蔵した運動センシングモジュールを巻き、運動靴を着用させた。サンプリング周波数は50 Hz、A/D変換精度は10 bitとした。

【0023】運動としては合計9種類とし、全身的運動とほぼ腕のみの身振りの運動の双方をとりあげた。11はウォーキング(手を振ることを意識して歩く)、12は走行(ランニング)、13はジョギング、14は拍手、15はバイバイ(手を振る身振り)、16は遅い歩

行、17は普通の歩行、18は速い歩行、19はポケット(両手をポケットに入れた状態での歩行)である。

【0024】図4の各種の運動パターンの特徴について若干考察する。歩行については、速度を増すにつれて腕の振りが大きくなり、平均の $\theta$ も立ってきてY方向成分が増している。ウォーキング、走行、ジョギングは歩行(普通)に比べ肘を曲げた動作になるのでX軸方向の成分が増す(平均の $\phi$ が $90^\circ$ に近づく)。ウォーキングは腕の振りを意識するため走行やジョギングよりも強度が大きい。また拍手は加速度情報中にインパルス性の高調波成分が多く含まれるので、従来よく行われた加速度情報から直接運動パターンを抽出する手法ではバラツキが大きくなり識別精度が低下していた。加速度波形の相互相関を用いた手法でも同様であった。本発明の2回積分を用いる手法の方が識別精度が勝っていることがわかった。

【0025】図4より、各種の運動はそれぞれ固有の強度と方向性を持ち、多種類の運動を行ったにもかかわらず、加速度から計算された運動軌跡の強度、方向のパターンの特徴によりそれらが明瞭に区別できることが明白である。故に少なくともある個人については、彼のデータを記憶しておいて比較することにより、再度同種の運動のいずれかを行った場合にはその運動の種類を識別することが十分に可能であることがわかる。更には、個人的特徴を登録しなくても識別できる運動の種類もあることが期待される。また本発明の手法は、手話のようなコミュニケーションを便利に行う(例えば通訳を可能にする)補助ツールへの応用発展もなされる可能性が大きい。

【0026】次に、本発明の実施の形態におけるいくつかの変形例について言及しておく。まず位置ベクトルのデータ(大きさ、方位角)の平均の取り方であるが、普通に用いられる相加平均に限定されるものではない。多種類の運動の識別精度向上を目的とする限り、相乗平均や何らかの重み付けを伴う加重平均、調和平均、あるいは中央値の採用、異常値の排除後の処理や、その他データのある関数に変換してから平均操作する一般化された手法を用いることができる。また演算結果に適宜補正を加えることも許される。

【0027】また運動センシングモジュールを装着する身体部位は、手首、特に左手首がまず検討されるべきであるが、使用者の状況等の条件や、識別すべき運動の種類によっては他の部位も用いられ得る。また装置の複雑化を厭わず、身体の数部位にそれぞれセンサを装着し、相互に通信を行って、異なる部位の異なる運動データを総合して更に多種類あるいは高度の運動識別を行うこともあり得る。

【0028】

【発明の効果】本発明の運動識別方法および運動センシングモジュールにおいては、3軸の加速度データを2回

積分して得た位置ベクトルを用いて運動の識別を行うようにしたので、容易かつ確実に多種類の運動を識別し、またその強度も知ることができるようになった。また簡単な構造の加速度センサおよび検出回路のみを使用することができるので、識別方法も容易であり、運動センシングモジュールの小型化、低廉化、低消費電力化に寄与することができた。

【0029】また加速度データから低周波成分を除去した場合には、積算誤差を減らして反復性の運動の識別精度を向上させることができた。また加速度センサを手首に装着することにより、運動を妨げずかつ違和感なく識別測定を行うことができた。また偏心錘つきの板状の圧電センサを用いると、1個のコンパクトな振動体で3軸加速度センサであるから、運動センシングモジュールの簡素化、小型化が実現できて好ましい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法および装置の実施の形態の一例および座標軸の方向を示す正面図である。

【図2】(a)は加速度波形の一例を示す波形図、(b)は加速度を2回積分して得られた位置情報を示す斜視図である。

【図3】位置ベクトルの大きさおよび方向を定義する斜視図である。

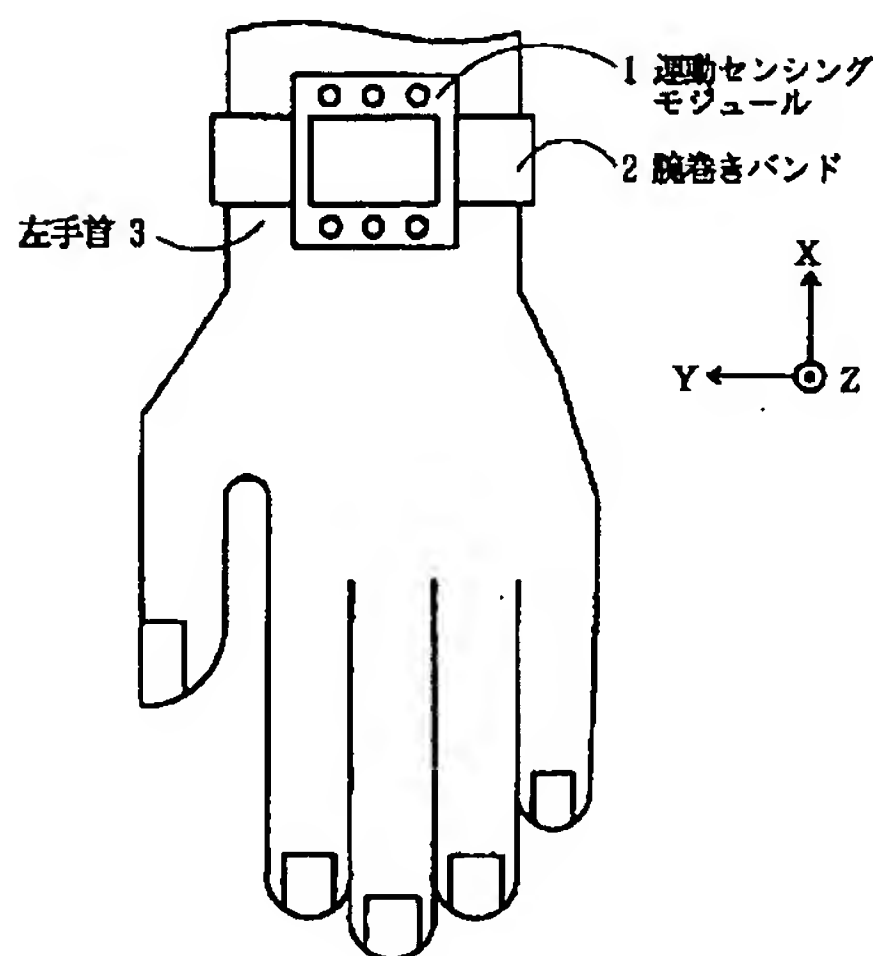
【図4】本発明の方法によって識別された各種の運動を示すヒストグラムである。

【図5】本発明に用いられる3軸加速度センサの具体例を示し、(a)は平面図、(b)はA-A断面図、(c)、(d)は加速度による変形状態を示した断面の略図である。

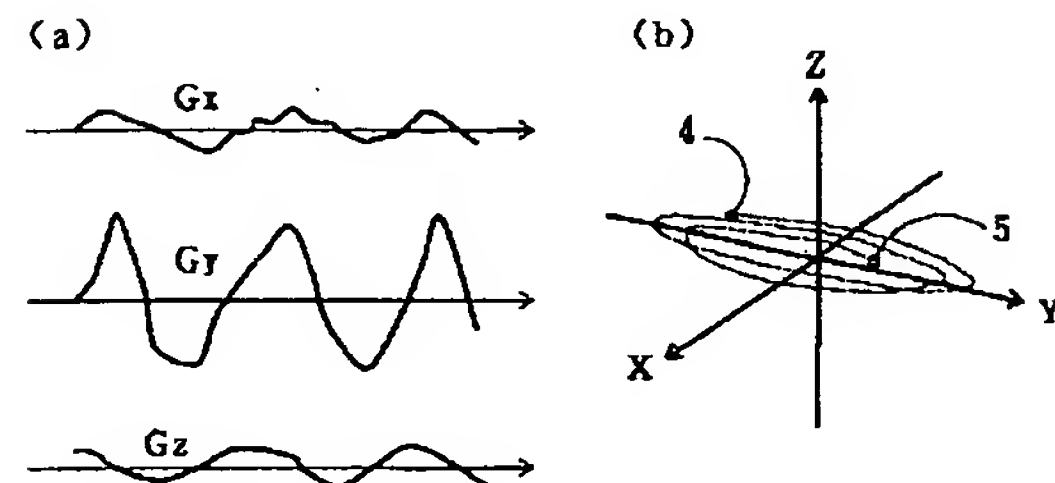
#### 【符号の説明】

- 1 運動センシングモジュール
- 2 腕巻きバンド
- 3 左手首
- 4 始点
- 5 終点
- 11 ウォーキング
- 12 走行
- 13 ジョギング
- 14 拍手
- 15 バイバイ
- 16 歩行(遅い)
- 17 歩行(普通)
- 18 歩行(速い)
- 19 ポケット
- 20 支持体
- 21 金属円板
- 22 中心軸
- 23 負荷質量
- 24 圧電板
- 25、26 X電極膜
- 27、28 Y電極膜
- 29、30、31、32 Z電極膜
- $F_x$  X方向の慣性力
- $F_z$  Z方向の慣性力
- $G_x$  X方向の加速度
- $G_y$  Y方向の加速度
- $G_z$  Z方向の加速度
- $V$  位置ベクトル
- X、Y、Z 座標軸
- $\phi$ 、 $\theta$  位置ベクトルの方位角

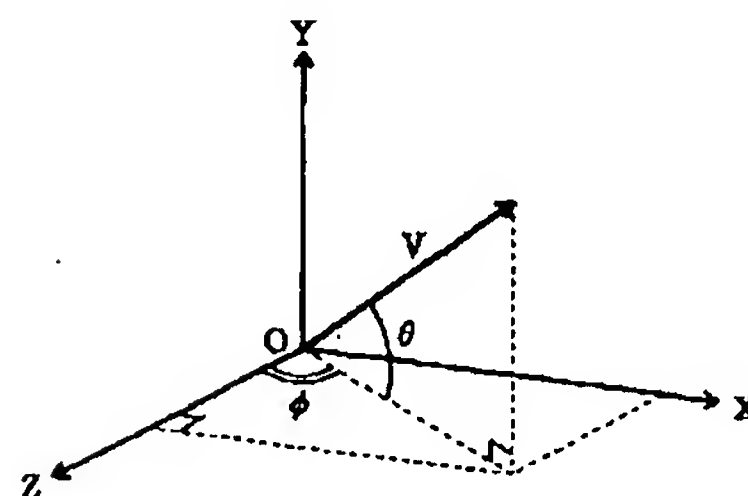
【図 1】



【図 2】

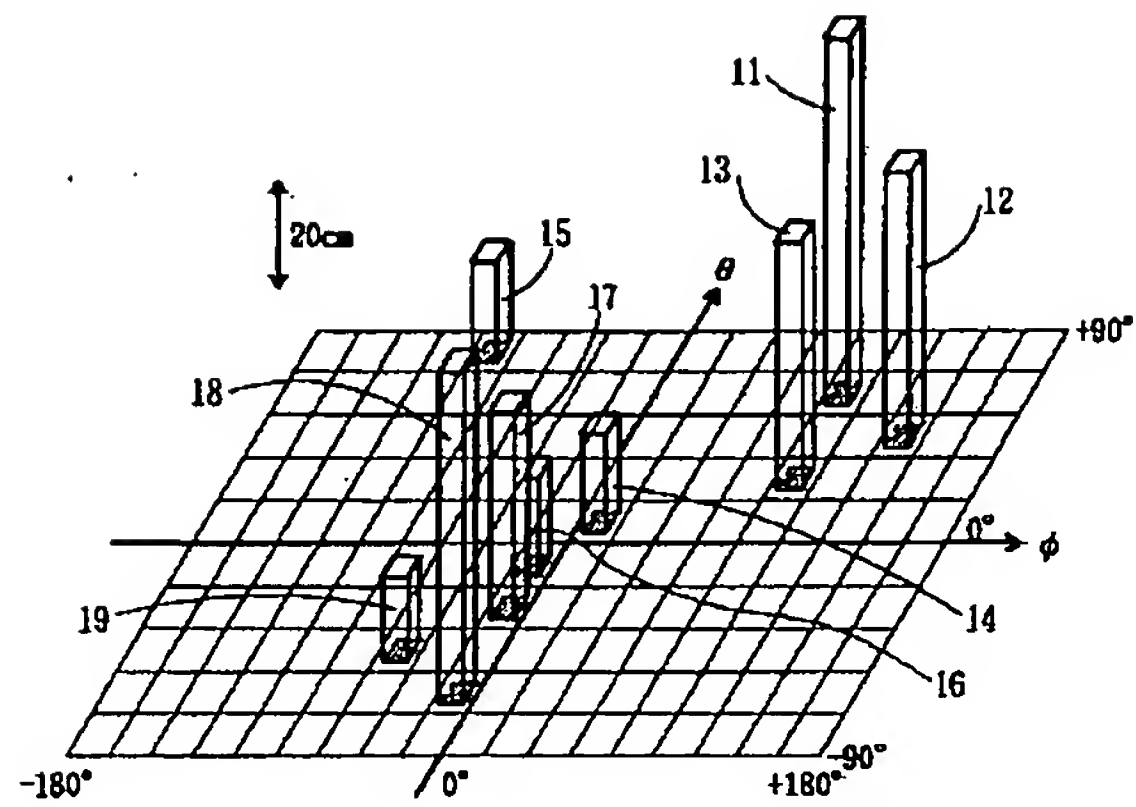


【図 3】





【圖 4】



【圖 5】

